

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000124

International filing date: 20 January 2005 (20.01.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR  
Number: 0400488  
Filing date: 20 January 2004 (20.01.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 30 March 2005 (30.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



PCT/FR 2005 / 000124

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION****COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 06 JAN. 2005

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr





26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

INPI  
N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DD 540 e W / 210502

REMISE DES PIÈCES  
DATE 20 JAN 2004  
LIEU 75 INPI PARIS 34 SP  
N° D'ENREGISTREMENT 0400488  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI  
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE 20 JAN. 2004  
PAR L'INPI

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

CABINET NETTER  
36 avenue Hoche  
75008 PARIS

Vos références pour ce dossier  
(facultatif) CERVVAL 1

Confirmation d'un dépôt par télécopie

☐ N° attribué par l'INPI à la télécopie

2 NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

☒

Demande de certificat d'utilité

☐

Demande divisionnaire

☐

*Demande de brevet initiale*

N°

Date

*ou demande de certificat d'utilité initiale*

N°

Date

Transformation d'une demande de

brevet européen *Demande de brevet initiale*

☐

N°

Date

3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

Dispositif de simulation du monde réel par traitement asynchrone et chaotique

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ

OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE

LA DATE DE DÉPÔT D'UNE

DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

☐ S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

☒ Personne morale

☐ Personne physique

Nom

ou dénomination sociale

CervVAL

Prénoms

Forme juridique

Société à Responsabilité Limitée

N° SIREN

14 49 25 94 49

Code APE-NAF

Domicile

ou  
siège

Rue

120 Kervézingar Izella

Code postal et ville

12 94 70 PLOUGASTEL DAOULAS

Pays

FRANCE

Nationalité

française

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

☒ S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2<sup>ème</sup> page



# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE  
page 2/2

BR2

20 JAN 2004 Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES  
DATE 75 INPI PARIS 34 SP  
LIEU 0400488

N° D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

DB 540 W / 210502

<b>6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)</b>			
Nom		PLAÇAIS	
Prénom		Jean-Yves	
Cabinet ou Société		Cabinet NETTER	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel			
Adresse	Rue	36 avenue Hoche	
	Code postal et ville	75 008 PARIS	
	Pays	France	
N° de téléphone (facultatif)		01 58 36 44 22	
N° de télécopie (facultatif)		01 42 25 00 45	
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>		Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques	
Les demandeurs et les inventeurs sont les mêmes personnes		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé	
Paiement échelonné de la redevance (en deux versements)		Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence): RG [ ]	
<b>10 SÉQUENCES DE NUCLEOTIDES ET/OU D'ACIDES AMINÉS</b>		<input type="checkbox"/> Cochez la case si la description contient une liste de séquences	
Le support électronique de données est joint		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
La déclaration de conformité de la liste de séquences sur support papier avec le support électronique de données est jointe		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Brevet», indiquez le nombre de pages jointes			

SIGNATURE DU DEMANDEUR  
ou de son mandataire

VISA DE LA PREFECTURE  
ou de l'INPI



26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354\*03

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 2.../2...



20 JAN 2004  
RESERVÉ À L'INPI  
REMISE DES PIÈCES  
DATE 75 INPI PARIS 34 SP  
LIEU 0400488  
N° D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 829 @ W / 010702

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		CERVval 1
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N° Pays ou organisation Date <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> N°
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input checked="" type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>
Nom ou dénomination sociale		ECOLE NATIONALE DES INGENIEURS DE BREST
Prénoms		
Forme juridique		Etablissement public à caractère administratif
N° SIREN		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Code APE-NAF		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Domicile ou siège	Rue	Technopôle Brest Iroise
	Code postal et ville	29 200 BREST CEDEX 3
	Pays	FRANCE
Nationalité		française
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>5 DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)</b>		<input type="checkbox"/> <b>Personne morale</b> <input type="checkbox"/> <b>Personne physique</b>
Nom ou dénomination sociale		
Prénoms		
Forme juridique		
N° SIREN		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Code APE-NAF		<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
Domicile ou siège	Rue	
	Code postal et ville	<input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/>
	Pays	
Nationalité		
N° de téléphone (facultatif)		
N° de télécopie (facultatif)		
Adresse électronique (facultatif)		
<b>11 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b>		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>

Paris, le 20 janvier 2004  
Jean-Yves PLACAIS  
92-1197 (B)(M)

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

## DISPOSITIF DE SIMULATION DU MONDE RÉEL PAR TRAITEMENT ASYNCHRONE ET CHAOTIQUE

5

L'invention concerne la simulation informatique du monde réel, et notamment de l'évolution temporelle de milieux objets de phénomènes physiques et/ou chimiques et/ou biologiques.

- 10 Comme le sait l'homme de l'art, de très nombreux objets (animés ou inanimés) ou substances interagissent avec les milieux (ou media) dans lesquels ils sont placés. Or, lorsque l'homme conçoit un nouvel objet, comme par exemple un bateau, ou bien lorsqu'il tente de comprendre un mécanisme réactionnel, comme par exemple le développement d'un
- 15 du moins les principales, notamment lorsqu'il utilise des maquettes. Par conséquent, il arrive fréquemment que l'objet final ne procure pas les résultats escomptés, ou que l'explication avancée ne corresponde pas à la réalité, en raison de la complexité et/ou de la combinaison des interactions présentes dans le monde réel. Ainsi, un bateau peut s'avérer incapable de supporter certains états de mer, alors même qu'il avait fait l'objet d'études préalables
- 20 poussées, y compris dans un bassin de carène.

Afin de mieux anticiper le comportement final d'un objet ou produit, ou de mieux comprendre un mécanisme réactionnel, de nombreux industriels et de nombreux chercheurs utilisent des dispositifs de simulation informatique du monde réel.

25

- Ces dispositifs de simulation reposent généralement sur une modélisation des phénomènes physiques et/ou chimiques et/ou biologiques sous la forme d'équations différentielles. En l'absence de solution analytique, la simulation informatique doit s'appuyer sur des méthodes itératives, qui passent d'un état courant du système considéré à un état suivant de ce même
- 30 système. Chaque système est généralement décomposé en sous-systèmes ou mailles dont les évolutions temporelles sont calculées en parallèle, de façon synchrone. Par conséquent, l'état du système à l'instant  $T + \Delta t$  doit être calculé en parallèle des phénomènes calculés à l'instant  $T$  sur les mailles  $i$  et  $j$  et les interactions  $i \rightarrow j$  et  $j \rightarrow i$  sont calculées sur les deux mailles  $i$  et  $j$  à l'instant  $T + \Delta t$ . Or, dans la nature, les interactions  $i \rightarrow j$  et  $j \rightarrow i$  sont calculées sur les mailles  $i$  et  $j$  à l'instant  $T$  et les interactions  $i \rightarrow j$  et  $j \rightarrow i$  sont calculées sur les mailles  $i$  et  $j$  à l'instant  $T + \Delta t$ .

tions des paramètres de simulation en cours de travail, ni la combinaison de modèles de natures différentes, ce qui nuit à sa généralité d'application.

L'invention a donc pour but d'améliorer la situation.

5

Elle propose à cet effet un dispositif de simulation du monde réel, propre à être implanté dans un ordinateur capable de supporter en mode multi-tâches une programmation par objets activés, représentatifs de systèmes à simuler.

10

Ce dispositif se caractérise par le fait qu'il comprend un logiciel de simulation par objets de l'évolution conjointe de certains au moins des objets activés, comportant :

- des objets d'état contenant chacun au moins une donnée d'espace et/ou de temps et/ou au moins une donnée de propriété, définissant un état courant,

15

- des objets d'interaction contenant chacun la désignation d'au moins l'un des objets d'état et d'au moins une fonction applicable à l'un au moins de ces objets d'état, et définissant à chaque instant la topologie du système simulé,

20

- un gestionnaire de simulation capable de travailler par séquences sur une sélection d'objets d'interaction, et d'activer chaque objet d'interaction une unique fois lors de chaque séquence, selon un ordre variant de façon au moins partiellement aléatoire d'une séquence à l'autre, de manière à appliquer chacune de ses fonctions à l'état courant de chaque objet d'état qu'il désigne pour faire évoluer son état vers un nouvel état courant.

25

En d'autres termes, le dispositif selon l'invention fonctionne selon un mode asynchrone, du fait que les états respectifs des objets activés varient les uns après les autres au sein de chaque séquence, compte tenu des états respectifs des autres objets activés, et chaotique, du fait que l'ordre de traitement de chaque objet activé varie de façon aléatoire d'une séquence à l'autre. Il est possible d'activer ou supprimer à tout moment (c'est-à-dire en temps réel) un ou plusieurs objets, afin de modifier les conditions de travail et/ou le système simulé sans qu'il faille recommencer intégralement la simulation, ce qui confère au dispositif un véritable caractère interactif.

30

Le logiciel de simulation peut en outre comprendre des objets d'interaction interne contenant la désignation d'un seul objet d'état et d'au moins une fonction applicable à cet objet d'état,



et des objets d'interaction mutuelle contenant la désignation d'au moins deux objets d'état et d'au moins une fonction applicable à des données de propriété de ces objets d'état désignés.

- 5 Par ailleurs, certains au moins des objets d'état peuvent comprendre une donnée de propriété qui représente une grandeur intensive, et/ou certains au moins des objets d'interaction peuvent comporter une fonction faisant intervenir une grandeur extensive ou intensive.

10 On peut également utiliser des objets d'état qui pour certains au moins d'entre eux, comprennent des sous-objets d'état, ainsi qu'éventuellement des sous-objets d'interaction opérant sur ces sous-objets d'état.

En outre, le logiciel de simulation peut comporter des classes d'objets qui définissent des structures d'objets d'état et d'objets d'interaction. Les objets d'états et d'interaction sont  
15 alors dérivés de ces classes par instanciation.

De plus, le logiciel de simulation peut comporter un ordonnanceur capable de fonctionner soit selon un mode en temps réel, dans lequel il fonctionne selon une fréquence choisie, soit selon un mode en temps virtuel, dans lequel il fonctionne de façon périodique mais pendant  
20 des durées variables d'une période à l'autre.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 illustre de façon très schématique, sous la forme de blocs fonctionnels, un  
25 ordinateur équipé d'un exemple de réalisation d'un dispositif de simulation selon l'invention, et  
- la figure 2 est un organigramme détaillant un exemple de fonctionnement d'un dispositif selon l'invention.

30 Les descriptions annexées pourront non seulement servir à considérer l'invention, mais aussi à la réaliser en l'état de la technique.

Comme cela est illustré schématiquement et de façon fonctionnelle sur la figure 1, un dispositif de simulation selon l'invention D peut-être installé dans un ordinateur C comportant un système d'exploitation OS et des moyens de traitement et de calcul CPU adaptés à un fonctionnement dans un mode multi-tâches, tel que celui offert par l'environnement oRis décrit notamment dans le document "Systèmes multi-agents", pages 499 à 524, RSTI - TSI, 21/2002. Un tel environnement multi-tâches est particulièrement bien adapté à la programmation par objets activés, par exemple en langage C++ ou Java. L'environnement multi-tâches oRis est couplé, comme le dispositif D qui est illustré, à un compilateur (ici nommé "compilateur de programmation objet"). Par ailleurs, l'environnement oRis peut-être couplé, comme le dispositif D qui est illustré, à un traducteur en langage C++ (ici nommé "interpréteur de programmation objet") afin d'améliorer son efficacité par compilation. Cet interpréteur peut même être adapté de manière à constituer un compilateur en ligne dans lequel le code exécuté est un code compilé en ligne et modifiable de façon dynamique. Un tel environnement multi-tâches, constituant une évolution d'oRis, est connu sous le nom ARéVi.

Le dispositif D comprend un logiciel de simulation de l'évolution conjointe d'objets activés (ici nommé "simulateur général"). Plus précisément, ce logiciel de simulation (ou simulateur général) comporte des objets qui peuvent être décomposés en deux groupes.

20

Un premier groupe (nommé "groupe d'objets d'état") comprend des objets dits "d'état" contenant chacun une ou plusieurs données d'espace (X,Y,Z) et/ou de temps (T) et/ou une ou plusieurs données de propriété (ou paramètres, ou encore attributs), qui définissent ensemble un état courant pour l'objet d'état concerné.

25

Dans le cas le plus simple, dans lequel il n'existe qu'un seul objet d'état activé, l'objet d'interaction peut ne pas désigner l'objet d'état, celui-ci étant alors désigné de façon implicite.

30

Par ailleurs, dans le cas le plus simple, la donnée d'espace-temps d'un objet d'état peut se réduire au seul temps.

Certains au moins des objets d'état comprennent une donnée de propriété qui représente une grandeur intensive.

5 Dans un premier exemple relatif à un réacteur chimique, un objet d'état peut-être un volume non localisé, et une donnée de propriété peut-être une concentration d'une substance chimique.

10 Dans un second exemple relatif à une veine sanguine, un objet d'état peut-être une maille volumique localisée dans l'espace, une donnée d'espace peut-être la localisation géométrique dans un repère choisi, et une donnée de propriété peut-être une concentration chimique ou la température à l'intérieur d'une maille.

15 Un second groupe (nommé "groupe d'objets d'interaction") comprend des objets dits "d'interaction" (ou activités) contenant chacun la désignation d'au moins l'un des objets d'état et d'au moins une fonction applicable à l'un au moins de ces objets d'état désignés. Le mot "fonction" doit être compris dans sa définition informatique et non mathématique, selon laquelle elle prend quelque chose (n'importe quoi de défini) pour délivrer un résultat. Une fonction peut ainsi désigner une méthode, ou un procédé, ou encore un comportement à mettre en oeuvre.

20 Il est important de noter qu'une fonction peut dépendre des données de propriété d'objets d'état.

25 Certains au moins des objets d'interaction comprennent une donnée de propriété qui représente une grandeur intensive ou extensive.

Dans le premier exemple précité, relatif à un réacteur chimique, un objet d'interaction peut-être une réaction chimique qui manipule les données de propriété "concentration(s)" de l'objet d'état "volume", et la réaction chimique peut-être caractérisée par un paramètre "vitesse de réaction" qui peut dépendre des données de propriété "concentration(s)".

mailles adjacentes, et le diffuseur thermique peut-être caractérisé par le paramètre "conductivité thermique".

Chaque objet d'interaction (ou activité) est donc associé à au moins un objet d'état par une  
 5 fonction, et un objet d'état peut être associé à plusieurs objets d'interaction (ou activités).  
 Une fonction ne modifie que les paramètres du ou des objets d'état auxquels elle est  
 associée, sans modifier les paramètres des autres objets d'état et objets d'interaction. Par  
 ailleurs, les caractéristiques des objets d'état peuvent permettre de choisir la fonction  
 associée aux objets d'interaction ou d'en modifier les caractéristiques. En outre, une  
 10 fonction peut-être modifiée de façon temporaire ou permanente en fonction des paramètres  
 d'un objet d'état associé.

Comme on le verra plus loin, un objet d'interaction peut constituer une interface définie,  
 généralement avec une orientation, entre deux milieux dits "source" et "cible" (éventuelle-  
 15 ment confondus) constituant des objets d'état. L'interface fait alors le lien entre les deux  
 milieux, qui sont en liaison à un instant donné (notion de synchronicité forte), et modifie  
 leurs paramètres respectifs (par exemple, l'interface peut être une différence de densité entre  
 deux milieux qui provoque une diffusion moléculaire à une certaine vitesse).

20 Tout type d'interface peut être envisagé, et notamment des interfaces de transport (par  
 exemple de molécules, de chaleur, de courant, et analogues), et des interfaces de relaxation  
 (par exemple de réactions chimiques ou nucléaires). Par conséquent, un milieu peut ne pas  
 avoir d'extension spatiale, celle-ci étant induite, tout comme les éventuelles vitesses, par une  
 ou plusieurs interfaces. Par ailleurs, une activité appliquée à un milieu peut modifier le  
 25 milieu, comme par exemple des phénomènes de relaxation, ce qui correspond à une auto-  
 activation interne au milieu.

Le logiciel de simulation (ou simulateur général) comprend également un gestionnaire de  
 simulation couplé aux groupes d'objets d'état et d'objets d'interaction et agencé de manière  
 30 à créer son propre séquenceur ou ordonnanceur (ou en anglais "*scheduler*") afin de travailler  
 de façon séquentielle sur une sélection d'objets d'interaction dudit groupe d'objets  
 d'interaction. Plus précisément, le gestionnaire de simulation est chargé d'activer une unique  
 fois lors de chaque séquence, sous le contrôle du séquenceur (ou scheduler) qu'il crée pour

l'occasion, chaque objet d'interaction sélectionné, selon un ordre qui varie de façon au moins partiellement aléatoire d'une séquence à l'autre, afin d'appliquer chacune de ses fonctions à l'état courant de chaque objet d'état qu'il désigne de manière à faire évoluer son état vers un nouvel état courant.

5

En d'autres termes, comme cela est illustré à titre d'exemple sur l'organigramme de la figure 2, l'utilisateur choisit tout d'abord, dans une étape 10, parmi les premier et second groupes d'objets, un ou plusieurs objets d'état et un ou plusieurs objets d'interaction qui se rapportent à ce ou ces objets d'état choisis, afin que le dispositif D simule l'évolution spatio-temporelle du système représenté par lesdits objets choisis. Cela "pré-active" chaque objet d'interaction choisi au sein du logiciel de simulation.

Puis, dans une étape 20, le gestionnaire de simulation initialise un compteur de séquences en plaçant la valeur n du compteur à 1, et crée une liste d'objets d'état et d'objets d'interaction. La première séquence (n=1) commence par une étape 30 dans laquelle le gestionnaire de simulation sélectionne de façon aléatoire, au sein de la liste d'objets d'interaction, l'un des objets d'interaction choisis, ce qui l'active momentanément. Chaque fonction de l'objet d'interaction sélectionné et activé est alors appliquée à l'état courant de chaque objet d'état de la liste d'objets d'état avec lequel il est en relation, ce qui modifie éventuellement son état en cours. L'activation et l'application (ou exécution) de chaque fonction à chaque objet d'état choisi constituent l'étape 40.

Puis, dans une étape 50, le gestionnaire de simulation supprime de la liste d'objets d'interaction de la séquence en cours l'objet d'interaction qu'il vient d'appliquer.

25

Ensuite, dans une étape 60, le gestionnaire de simulation effectue un test destiné à déterminer s'il reste d'autres objets d'interaction à appliquer dans la liste d'objets d'interaction de la séquence en cours.

Si la liste d'objets d'interaction de la séquence en cours n'est pas vide, le gestionnaire de simulation revient à l'étape 30 afin d'appliquer à la séquence en cours l'objet d'interaction sélectionné. Si la liste d'objets d'interaction de la séquence en cours est vide, le gestionnaire de simulation passe à l'étape 70 afin d'appliquer à la séquence en cours l'objet d'interaction sélectionné.

éventuellement modifié par l'activation de l'objet d'interaction précédent (lequel ne peut plus être utilisé dans la séquence en cours). Le gestionnaire de simulation reproduit ces opérations (sélection-activation, application et mise(s) à jour) autant de fois qu'il y a d'objets d'interaction sélectionnés dans sa liste d'objets d'interaction, de sorte que chaque fonction de chaque objet d'interaction soit appliquée une unique fois à chaque objet d'état 5 activé auquel il est associé. Une fois cela terminé, la première séquence ( $n=1$ ), correspondant à l'instant  $T=0$ , est achevée.

Lorsque la liste d'objets d'interaction de la séquence en cours est vide, le gestionnaire de simulation incrémente d'une unité, dans une étape 70, la valeur en cours  $n$  du compteur de 10 séquences. Bien entendu, cette étape 70 comporte un test sur le nombre de séquences à effectuer. Si le nombre de séquences effectuées est égal au nombre maximal prévu, le gestionnaire de simulation met fin à la simulation. En revanche, s'il reste au moins une séquence à effectuer, le gestionnaire de simulation retourne à l'étape 20 pour effectuer une 15 nouvelle séquence correspondant à un instant  $T+1$ ,  $T+2$ , ...,  $T+n$ . Il réitère alors à chaque nouvelle séquence les opérations précitées.

La durée de la simulation, et donc le nombre maximal de séquences effectuées par le gestionnaire de simulation, dépend de l'application concernée, ou du paramétrage choisi par 20 l'utilisateur compte tenu de l'application. Mais, la simulation peut être interrompue à chaque instant par l'utilisateur à l'aide d'une instruction d'arrêt transmise au logiciel de simulation grâce à une interface homme/machine de l'ordinateur C. Il est important de noter qu'une simulation interrompue à la demande d'un utilisateur peut-être reprise ultérieurement.

En raison de ce mode de fonctionnement séquentiel et chaotique du logiciel de simulation, 25 l'utilisateur peut à chaque instant intervenir dans une simulation, soit sous la forme d'un "avatar" pour interagir lui-même avec l'objet de la simulation, par exemple le milieu, soit pour ajouter à, ou supprimer de, sa sélection un ou plusieurs objets d'état et/ou un ou plusieurs objets d'interaction. L'utilisateur peut également décider de modifier au moins 30 partiellement la définition (ou structure) d'un ou plusieurs objets d'état ou d'interaction. Cela confère au logiciel de simulation une grande interactivité.

Trois exemples permettant de mieux comprendre ce que représentent les objets d'état et d'interactions sont donnés ci-après. Pour éviter d'alourdir inutilement la description, les exemples sont simplifiés et réduits à ce qui est nécessaire pour permettre à l'homme du métier de comprendre comment on peut mettre en oeuvre l'invention.

5

Un premier exemple concerne la simulation de la cinétique chimique au sein d'un réacteur chimique. Le réacteur chimique constitue un objet d'état représentant un milieu comportant des substances chimiques, et au sein duquel peuvent survenir  $N$  réactions chimiques constituant autant d'objets d'interaction.

10

L'objet d'état réacteur chimique est par exemple associé à des données de propriété représentant les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) à l'instant  $T$  des  $n$  substances chimiques présentes initialement dans le réacteur. Ces concentrations définissent ici l'état (à l'instant  $T$ ) de l'objet d'état réacteur chimique, dont on souhaite simuler l'évolution temporelle.

15

Chaque objet d'interaction réaction chimique est par exemple caractérisé par des données de propriété représentant, d'une première part, la vitesse de la réaction  $V = f(C_1, C_2, \dots, C_n)$ , d'une deuxième part, les réactifs concernés par la réaction ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ), d'une troisième part, les produits résultants de la réaction ( $P_1, P_2, \dots, P_m$ ), et d'une quatrième part les coefficients stoechiométriques définissant les proportions initiales des réactifs à  $T=0$ . En outre, chaque objet d'interaction réaction chimique est par exemple associé à une fonction représentant le comportement de la réaction : dans un premier temps on lit les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) en cours des réactifs présents à l'instant  $T$  dans le réacteur chimique, dans un deuxième temps on calcule la vitesse de réaction  $V$  qui dépend des concentrations des réactifs présents dans le réacteur chimique, et dans un troisième temps on modifie les concentrations des réactifs et des produits après un temps  $dT$  à la vitesse de réaction  $V$ .

20

25

30

Ainsi chaque objet d'interaction n'agit que sur un unique objet d'état, de sorte qu'il constitue un objet d'interaction unique.

Dans ce premier exemple, l'utilisateur va donc choisir son objet d'état (c'est-à-dire la composition initiale de son réacteur chimique) et ses  $N$  objets d'interaction (c'est-à-dire les  $N$  réactions chimiques qui sont impliquées du fait de la composition choisie). Le gestionnaire de simulation peut alors débiter son traitement séquentiel.

5

Comme indiqué précédemment, il débute une première séquence en sélectionnant de façon aléatoire l'un des  $N$  objets d'interaction choisis. Cet objet d'interaction est activé afin qu'il applique sa fonction (comportement de la réaction) à l'état courant de l'unique objet d'état, défini ici par les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) en cours des réactifs (lors de la première séquence  $T=0$ ). Le gestionnaire met à jour les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) des réactifs. Puis, il sélectionne de façon aléatoire l'un des  $N-1$  objets d'interaction restants, afin de l'activer et d'appliquer sa fonction au nouvel état courant de l'unique objet d'état. Il reproduit ces opérations  $N$  fois de sorte que chaque fonction de chaque objet d'interaction soit appliquée une unique fois à l'objet d'état. La première séquence est alors terminée.

15

Le gestionnaire débute alors une nouvelle séquence, correspondant à l'instant  $T+1$ , si cela s'avère nécessaire, en réitérant les opérations précitées. La simulation prend fin lorsqu'il ne reste plus de réactifs pour produire des produits, ou bien lorsque l'utilisateur adresse une instruction d'arrêt au logiciel de simulation.

20

Un deuxième exemple concerne la simulation de la diffusion moléculaire de  $M$  diffuseurs au sein d'un espace découpé en  $K$  mailles.

Chacune des  $K$  mailles constitue un objet d'état caractérisé, par exemple, par une donnée de position (ou localisation topographique ou géographique dans un repère 3D) et par des données de propriété représentant les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) à l'instant  $T$  de  $n$  substances chimiques ( $S_1$ ,  $S_2$ , ...,  $S_n$ ) présentes dans la maille. Ces concentrations définissent ici l'état (à l'instant  $T$ ) de la maille.

30

Chacun des  $M$  diffuseurs constitue un objet d'interaction caractérisé, par exemple, par des données de propriété (ou paramètres) représentant, d'une première part, la substance diffusée  $S_i$ , d'une deuxième part, la vitesse de diffusion tridimensionnelle  $V = (V_x, V_y, V_z)$  de la



substance  $S_i$ , et d'une troisième part, les deux mailles entre lesquelles s'effectue la diffusion. En outre, chaque diffuseur (objet d'interaction) est par exemple associé à une fonction représentant son comportement : dans un premier temps on lit la concentration  $C_i(T)$  de la substance  $S_i$  à diffuser dans chacune des deux mailles, dans un deuxième temps on calcule  
 5 les quantités à diffuser (par exemple en utilisant la loi de Fick généralisée), et dans un troisième temps on modifie la concentration du diffuseur  $S_i$  dans chacune des deux mailles après un temps  $dT$  à la vitesse de diffusion  $V$ . Les données de propriété représentent ici les attributs (ou paramètres) de la fonction (comportement du diffuseur).

10 Ici chaque objet d'interaction agit sur deux objets d'état, de sorte qu'il constitue un objet d'interaction mutuelle. Par ailleurs, chaque objet d'interaction présente ici une structure (ou définition) classique reposant sur au moins une fonction désignant au moins un objet d'état, ainsi qu'éventuellement des paramètres ou règle(s), ou encore loi(s), liés à la fonction et constituant des données de propriété. Mais, leur structure peut être plus complexe, par  
 15 exemple lorsqu'elle comporte un ou plusieurs sous-objets d'interaction. En outre, les mailles sont ici de type tridimensionnel (3D), mais dans certaines applications elles peuvent être de type bidimensionnel (2D), voire même unidimensionnel (1D).

Dans ce deuxième exemple, l'utilisateur va donc choisir ses  $K$  objets d'état (c'est-à-dire les  
 20  $K$  mailles de diffusion) et ses  $M$  objets d'interaction (c'est-à-dire les  $M$  diffuseurs). Le gestionnaire de simulation peut alors débiter son traitement séquentiel.

Il débute une première séquence en sélectionnant de façon aléatoire l'un des  $M$  objets d'interaction choisis. Cet objet d'interaction est activé afin qu'il applique sa fonction  
 25 (comportement du diffuseur), compte tenu de ses propres attributs, à l'état courant des  $K$  objets d'état (mailles), défini ici par les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) en cours des substances chimiques ( $S_1$ ,  $S_2$ , ...,  $S_n$ ) dans les différentes mailles (lors de la première séquence  $T=0$ ). Le gestionnaire met à jour les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) des substances ( $S_1$ ,  $S_2$ , ...,  $S_n$ ) dans chacune des  $K$  mailles. Puis, il sélectionne de façon  
 30 successive pour les  $M-1$  objets d'interaction restants afin de leur faire exécuter sa

Le gestionnaire débute alors une nouvelle séquence, correspondant à l'instant  $T+1$ , si cela s'avère nécessaire, en réitérant les opérations précitées. La simulation prend fin lorsque les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) des substances chimiques ( $S_1$ ,  $S_2$ , ...,  $S_n$ ) sont respectivement identiques dans chacune des  $K$  mailles, ou bien lorsque l'utilisateur adresse  
5 une instruction d'arrêt au logiciel de simulation.

Dans un troisième exemple, on peut combiner les deux exemples précédents de manière à simuler l'évolution de la cinétique chimique et de la diffusion moléculaire au sein d'une même veine.

10 Par exemple, on choisit  $K$  objets d'état constituant  $N$  réacteurs chimiques localisés dans l'espace 3D. Chaque réacteur chimique est par exemple associé à une donnée de position (ou localisation géographique dans un repère 3D) et à des données de propriété représentant les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) à l'instant  $T$  de  $n$  substances chimiques ( $S_1$ ,  $S_2$ ,  
15 ...,  $S_n$ ) présentes dans la maille. Ces concentrations définissent ici l'état (à l'instant  $T$ ) de la maille.

Par ailleurs, on choisit par exemple  $N+M$  objets d'interaction constituant  $N$  réactions chimiques et  $M$  diffuseurs.

20 Chaque réaction chimique est par exemple associée à des données de propriété représentant, d'une première part, la vitesse de la réaction  $V = f(C_1, C_2, \dots, C_n)$ , d'une deuxième part, les réactifs concernés par la réaction ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ), à  $T=0$ , d'une troisième part, les produits résultants de la réaction ( $P_1, P_2, \dots, P_m$ ), et d'une quatrième part les coefficients stoechiométriques définissant les proportions initiales des réactifs à  $T=0$ . Chaque réaction  
25 chimique est également, par exemple, associée à une fonction représentant le comportement de la réaction : dans un premier temps on lit les concentrations ( $C_1(T)$ ,  $C_2(T)$ , ...,  $C_n(T)$ ) en cours des réactifs présents à l'instant  $T$  dans le réacteur chimique, dans un deuxième temps on calcule la vitesse de réaction  $V$  qui dépend des concentrations des réactifs présents dans  
30 le réacteur chimique, et dans un troisième temps on modifie les concentrations des réactifs et des produits après un temps  $dT$  à la vitesse de réaction  $V$ .

Chaque diffuseur est par exemple associé à des données de propriété représentant, d'une première part, la substance diffusée  $S_i$ , d'une deuxième part, la vitesse de diffusion tridimensionnelle  $V = (V_x, V_y, V_z)$  de la substance  $S_i$ , et d'une troisième part, les deux mailles entre lesquelles s'effectue la diffusion. Chaque diffuseur est également, par exemple,

5 associé à une fonction représentant son comportement : dans un premier temps on lit la concentration  $C_i(T)$  de la substance  $S_i$  à diffuser dans chacune des deux mailles, dans un deuxième temps on calcule les quantités à diffuser (par exemple en utilisant la loi de Fick généralisée), et dans un troisième temps on modifie la concentration du diffuseur  $S_i$  dans chacune des deux mailles après un temps  $dT$  à la vitesse de diffusion  $V$ . Les données de

10 propriété représentent ici les attributs (ou paramètres) de la fonction (comportement du diffuseur).

Le fonctionnement du dispositif est alors identique à celui présenté dans les exemples précédents, mais cette fois les concentrations des différentes substances évoluent non

15 seulement en fonction des réactions chimiques, mais également en fonction des mailles où elles s'effectuent. Par conséquent, chaque séquence comporte  $N+M$  tirages aléatoires permettant d'appliquer successivement les fonctions des  $N+M$  objets d'interaction aux  $K$  réacteurs chimiques.

20 Bien entendu, l'invention peut s'appliquer à des applications beaucoup plus complexes que celles présentées ci-dessus à titre d'exemple illustratif. Elle s'applique également à des applications plus simples dans lesquelles le logiciel n'intervient que sur un unique objet d'état activé, à l'aide d'un unique objet d'interaction interne. Par ailleurs, dans certaines applications l'un au moins des objets d'état peut présenter une structure (ou définition)

25 complexe reposant sur un ou plusieurs sous-objets d'état (présentant la structure classique d'un objet d'état), éventuellement associé à un ou plusieurs sous-objets d'interaction (présentant la structure classique d'un objet d'interaction).

Il est maintenant fait référence au tableau de l'annexe XI, pour une description, au niveau

30 du code, d'un ensemble de mise en oeuvre de l'invention faisant intervenir un objet d'état

appelé "OBJET" : une fonction "OBJET" est associée à un objet d'interaction externe

appelé "OBJET" : une fonction "OBJET" est associée à un objet d'interaction externe

appelé "OBJET" : une fonction "OBJET" est associée à un objet d'interaction externe

Le code n'apparaît que dans la seconde colonne du tableau, dont la première colonne ne comporte que des repères alphanumériques ne faisant pas partie du code.

5 L'annexe X1 commence, en A, par des déclarations "*#include*" qu'il est inutile de détailler du fait qu'elles sont bien connues de l'homme du métier. Ensuite, en B, est déclarée une classe *interface*, associée à la classe *milieu* traitée en détail en C. Après l'en-tête de classe C1, la classe *milieu* comprend la déclaration de méthodes spécifiques C20 à C30, puis en C4 une fonction (ou méthode) "*activate*", et enfin des variables protégées énoncées en C5. Dans l'annexe X1, les déclarations de méthodes (ou fonctions) sont allégées des définitions  
10 de type/paramètres, puisque l'homme de métier retrouvera celles-ci dans l'énoncé détaillé de chaque méthode.

Parmi les variables protégées indiquées en C5, on peut noter :

- des "*\_interfaces*", qui sont regroupées au sein d'un tableau d'un type particulier dit  
15 *StlVector* (classe standard C++), et
- une variable "*\_it*", qui est de type *ArRef* (classe propre à l'environnement ARéVi).

Vient ensuite le détail de la classe *interface* (par souci d'homogénéité elle reste désignée par B). Elle comprend une méthode de définition et une méthode de construction, suivies de  
20 déclaration de méthodes spécifiques B20 à B31 et de la méthode *activate* B4. Enfin sont définies des variables protégées B5 où l'on note à nouveau en particulier :

- une "*\_source*" qui est de type *milieu*, et
- une "*\_target*" qui est également de type *milieu*.

25 Les définitions des méthodes de la classe *milieu* interviennent ensuite (en C11-C14 et C20-C30) en grand détail. Les rubriques C11 à C13 définissent le constructeur de la classe *milieu*. En C11 sont initialisées les variables protégées de la classe *milieu*.

30 En C12 apparaît une définition d'une forme 3D dite "Vrml". Le code Vrml permet de faire de la visualisation 3D en ligne. Cette forme est définie par une chaîne de caractères conformément à la syntaxe Vrml décrite par exemple à l'adresse <http://www.vrml.org>. Cette forme est ensuite visualisée et mise en couleurs.

La rubrique C13 associe au *milieu* une activité destinée à déclencher la méthode *active* de la rubrique C14.

La rubrique C14 est un destructeur de l'objet d'état *milieu*.

5

Les rubriques C20 à C30 incluse donnent le détail de la construction des méthodes spécifiques déjà évoquées sous la même identité pour la classe *milieu*.

10

La méthode *active* à appliquer au *milieu* est définie en C4. Elle permet de relier une indication de couleur à l'indication de densité, et plus précisément de changer la couleur par tirage aléatoire. En d'autres termes, on modifie les attributs rouge, vert, bleu du *milieu* chaque fois qu'*active* est appliquée (ou activée).

15

Interviennent ensuite des définitions pour la classe *interface*, avec en B10-B11 la définition du constructeur. Plus précisément, en B10 on initialise les variables protégées de la classe *interface*, tandis qu'en B11 on associe à l'interface une activité destinée à appliquer la méthode *active* définie en B4.

20

La rubrique B12 est un destructeur de l'objet d'interaction *interface*.

Viennent ensuite les détails des méthodes spécifiques B20 à B31 déjà citées.

25

La méthode *active* de l'*interface* est définie en B4. Il s'agit de calculer une diffusivité en fonction d'une densité de *milieu source* et d'une densité de *milieu cible*, afin de propager l'écart entre les deux densités, si du moins cet écart est significatif. L'écart noté "*delta*" est calculé comme l'application d'une fonction diffusivité à la densité de *milieu source*  $\rho_{s0}$ , diminuée de la densité de *milieu cible*  $\rho_{t0}$ . Pour ce faire, on demande d'abord au *milieu source* et au *milieu cible* quelles sont leurs densités respectives. Puis, on calcule la valeur absolue des différences de couleurs. Si cette valeur absolue est supérieure à une valeur

30

seuil (par exemple 0.01), on augmente la valeur de  $\rho_{s0}$  et on diminue la densité de  $\rho_{t0}$ . Sinon, on diminue la valeur de  $\rho_{s0}$  et on augmente la densité de  $\rho_{t0}$ .

Les rubriques B60-B63 permettent de définir le type des fenêtres de visualisation 3D qui seront utilisées par l'application.

5 C'est alors qu'intervient un élément important pour l'invention qui est l'ordonnanceur ou séquenceur (ou en anglais "*scheduler*"). Les rubriques S10, S20, S21, S22, S30, S31 et S41 permettent d'initialiser la simulation.

10 En l'espèce, la rubrique S10 initialise un *scheduler* en temps virtuel, c'est-à-dire que son fonctionnement n'est pas astreint à respecter le temps réel, mais chacune de ses itérations représente logiquement, et non physiquement, une durée de une milliseconde (1 ms). Bien entendu, le *scheduler* peut également fonctionner en temps réel. Dans ce cas, chacune de ses itérations dure physiquement une période choisie.

15 La rubrique S20 permet d'initialiser les dimensions du milieu grâce aux arguments de la ligne de commande. La rubrique S21 permet de créer et d'initialiser les milieux. La rubrique S22 permet de créer et d'initialiser les interfaces.

20 Les rubriques S31 et S32 réalisent un affichage auxiliaire, qui se fait ici par la voie spéciale de communication avec l'écran dit "flot d'erreur".

La rubrique S41 affiche la scène à traiter, dans des conditions de perspective choisies.

25 Enfin, la rubrique S50 est le programme principal *main* qui initialise le fonctionnement du système. Plus précisément, ce programme crée tout d'abord un système 3D, puis il l'appelle pour qu'il active la méthode donnée à la rubrique S10 afin qu'elle crée le scheduler (ou séquenceur), les milieux et l'interface.

30 On comprendra que la structure de classes, présentée ci-avant, peut être résumée de la manière indiquée schématiquement dans l'annexe X2.

La transition entre la représentation de l'annexe X2 et le code détaillé de l'annexe X1 est considérée comme accessible à l'homme du métier, dès lors qu'un exemple en a été donné.

L'invention trouve de très nombreuses applications dans de nombreux domaines techniques, et notamment dans les domaines de la chimie, de la pharmacie, de la physique, de l'aéronautique, de l'architecture, en particulier navale (par exemple pour l'étude comportemental d'un bateau ou d'une plate-forme offshore, en remplacement et/ou en complément  
5 des bassins de carène), de la médecine, notamment dans le cadre de l'étude du développement et du traitement de certaines maladies (par exemple les cancers) ou de mécanismes réactionnels (par exemple l'activation de l'insuline), de l'ergonomie, notamment pour la réalisation d'équipements spécifiquement adaptés à des personnes handicapées, et dans le domaine de la circulation routière.

10

L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation de dispositif de simulation décrits ci-avant, seulement à titre d'exemple, mais elle englobe toutes les variantes que pourra envisager l'homme de l'art dans le cadre des revendications ci-après.

Annexe X1

5	A	#include statements	
	B	class Interface;	
	C1	<b>class Milieu : public Object3D</b> { public: AR_CLASS(Milieu) AR_CONSTRUCTOR(Milieu)	
	C20	setDensity()	
	C21	getDensity()	
10	C22	setColor()	
	C23	getColor()	
	C24	addSource();	
	C25	removeSource();	
	C26	addInterface()	
15	C27	removeInterface()	
	C28	getNbInterfaces()	
	C29	getInterface()	
	C30	accessInterface()	
	C4	activate(ArRef<Activity> act, double dt);	
20	C5	protected: StlVector<ArRef<Interface> > _interfaces; ArRef<VrmlMaterialInteractor> _it; double _red, _green, _blue; double _density; bool _changeDensity; double _isSource; };	
25	B1	<b>class Interface : public ArObject</b> { public: AR_CLASS(Interface) AR_CONSTRUCTOR(Interface)	



	B20	setVelocity()	
	B21	getVelocity()	
	B22	setDiffusivity()	
5	B23	getDiffusivity()	
	B24	setSource()	
	B25	getSource()	
10	B26	accessSource()	
	B27	setTarget()	
	B28	getTarget()	
	B29	accessTarget()	
	B30	getOtherEnd()	
	B31	accessOtherEnd()	
	B4	activate(ArRef<Activity> act, double dt);	
	B5	protected: ArRef<Milieu> _source; ArRef<Milieu> _target; double _velocity, _diffusivity; };	
		AR_CLASS_DEF(Milieu, Object3D)	
15	C11	Milieu::Milieu(ArCW & arCW) : Object3D(arCW), _interfaces(), _it(new_VrmlMaterialInteractor()), _red(1.0), _green(1.0), _blue(1.0), _density(0), _changeDensity(true), _isSource(false)	

C12	<pre> {   ArRef&lt;VrmlShape3D&gt; sh=new_VrmlShape3D();   sh-&gt;parseString("     Shape {       appearance Appearance {         material DEF MAT Material {           diffuseColor 1.0 1.0 1.0           transparency 0.5         }       }       geometry Box {         size 0.9 0.9 0.9       }     }"); </pre>	
C13	<pre> ArRef&lt;Activity&gt; act=new_Activity(0.1); act-&gt;setBehavior(thisRef(),&amp;Milieu::activate); } </pre>	
C14	<pre> Milieu::~Milieu(void) { } </pre>	
C20	<pre> void Milieu::setDensity(double density) {   _density = density;   _changeDensity = true; } </pre>	
C21	<pre> void Milieu::getDensity(double &amp; density) {   density = _density; } </pre>	

C22	<pre> void Milieu::setColor(double red,                  double green,                  double blue) {     _red=red;     _green=green;     _blue=blue;     _it-&gt;writeDiffuseColorField(_red,_green,_blue); } </pre>	
C23	<pre> void Milieu::getColor(double &amp; redOut,                  double &amp; greenOut,                  double &amp; blueOut) const {     redOut=_red;     greenOut=_green;     blueOut=_blue; } </pre>	
C24	<pre> void Milieu::addSource(void) {     _isSource = true; } </pre>	
C25	<pre> void Milieu::removeSource(void) {     _isSource = false; } </pre>	
5 C26	<pre> void Milieu::addInterface(ArRef&lt;Interface&gt; interface) {     _interfaces.push_back(interface); } </pre>	

C27	<pre> void Milieu::removeInterface(ArRef&lt;Interface&gt; interface) {     for(unsigned int i=_interfaces.size();i--;)     {         if(_interfaces[i]==interface)         {             StdVectorFastErase(_interfaces,i);             break;         }     } } </pre>	
C28	<pre> unsigned int Milieu::getNbInterfaces(void) const {     return(_interfaces.size()); } </pre>	
C29	<pre> ArConstRef&lt;Interface&gt; Milieu::getInterface(unsigned int index) const {     return(_interfaces[index]); } </pre>	
C30	<pre> ArRef&lt;Interface&gt; Milieu::accessInterface(unsigned int index) {     return(_interfaces[index]); } </pre>	

C4	<pre> bool Milieu::activate(ArRef&lt;Activity&gt; act,                  double /* dt */) {     if(_isSource) { _density = 1.0; }     if(_changeDensity)     {         setColor(1.0,1.0-_density,1.0-_density);         /*         if(_density &lt; 0.1) { setColor(1,1,1); }         else { setColor(1,0,0); }         */         _changeDensity = false;     }     return(true); } </pre>	
B10	<pre> AR_CLASS_DEF(Interface,ArObject)  Interface::Interface(ArCW &amp; arCW) : ArObject(arCW),   _source(),   _target(),   _velocity(0),   _diffusivity(0) </pre>	
B11	<pre> {     ArRef&lt;Activity&gt; act=new _Activity(0.1);     act-&gt;setBehavior(thisRef(),&amp;Interface::activate); } </pre>	
B12	<pre> Interface::~Interface(void) { } </pre>	
5 B20	<pre> void Interface::setVelocity(double velocity) {     _velocity = velocity; } </pre>	

B21	void Interface::getVelocity(double & velocity) { velocity = _velocity; }	
B22	void Interface::setDiffusivity(double diffusivity) { _diffusivity = diffusivity; }	
B23	void Interface::getDiffusivity(double & diffusivity) { diffusivity = _diffusivity; }	
B24	void Interface::setSource(ArRef<Milieu> source) { if(_source) { _source->removeInterface(thisRef()); } _source=source; if(_source) { _source->addInterface(thisRef()); } }	
B25	ArConstRef<Milieu> Interface::getSource(void) const { return(_source); }	
B26	ArRef<Milieu> Interface::accessSource(void) { return(_source); }	

B27	<pre>void Interface::setTarget(ArRef&lt;Milieu&gt; target) {     if(_target)     {         _target-&gt;removeInterface(thisRef());     }     _target=target;     if(_target)     {         _target-&gt;addInterface(thisRef());     } }</pre>	
B28	<pre>ArConstRef&lt;Milieu&gt; Interface::getTarget(void) const {     return(_target); }</pre>	
B29	<pre>ArRef&lt;Milieu&gt; Interface::accessTarget(void) {     return(_target); }</pre>	
B30	<pre>ArConstRef&lt;Milieu&gt; Interface::getOtherEnd(ArConstRef&lt;Milieu&gt; m) const {     return(m==_source ? _target : _source); }</pre>	
5 B31	<pre>ArRef&lt;Milieu&gt; Interface::accessOtherEnd(ArConstRef&lt;Milieu&gt; m) {     return(m==_source ? _target : _source); }</pre>	

B4	<pre> bool Interface::activate(ArRef&lt;Activity&gt; /* act */,                     double /* dt */) {     double rhos,rhot;     _source-&gt;getDensity(rhos);     _target-&gt;getDensity(rhot);     bool change=false;     if(fabs(rhot-rhos)&gt;0.01)     {         double delta=_diffusivity*(rhos-rhot);         rhos -= delta;         rhot += delta;         change=true;     }     if(change)     {         _source-&gt;setDensity(rhos);         _target-&gt;setDensity(rhot);     }     return(true); } </pre>	
B60	<pre> class MyViewer : public Examiner3D { public:     AR_CLASS(MyViewer)     AR_CONSTRUCTOR(MyViewer) protected:     virtual void _onKeyPress(const Viewer3D::KeyPressEvent &amp; evt); }; </pre>	
B61	<pre> AR_CLASS_DEF(MyViewer,Examiner3D)  MyViewer::MyViewer(ArCW &amp; arCW) : Examiner3D(arCW) { } </pre>	



B62	<pre> MyViewer::~MyViewer(void) { } </pre>	
B63	<pre> void MyViewer::_onKeyPress(const Viewer3D::KeyPressEvent &amp; evt) {     Examiner3D::_onKeyPress(evt);     if((evt.key=="+")  (evt.key=="-"))     {         double dist,yaw,pitch;         computeCursorDirection(evt.xMouse,evt.yMouse,yaw,pitch);         ArRef&lt;Base3D&gt; ray=new_Base3D();         ray-&gt;setLocation(thisRef());         ray-&gt;yaw(yaw);         ray-&gt;pitch(pitch);         ArRef&lt;Object3D&gt; found;         getScene()-&gt;firstRayIntersection(ray,3,true,Milieu::CLASSO,  found,dist,thisRef());          if(found)         {             ArRef&lt;Milieu&gt; m(static_cast&lt;Milieu*&gt;(found.c_ptr()));             cerr &lt;&lt; "Found " &lt;&lt; m-&gt;getAlias() &lt;&lt; " " &lt;&lt; evt.key &lt;&lt; endl;             if(evt.key=="+") { m-&gt;addSource(); }             if(evt.key=="-") { m-&gt;removeSource(); }         }     } } </pre>	
S10	<pre> ArRef&lt;Scheduler&gt; simulationInit(void) {     ArRef&lt;Scheduler&gt; sched=new_VirtualTimeScheduler(1e-3);      unsigned int nbX=40,nbY=20,nbZ=2; </pre>	

S20	<pre> if(ArSystem::getCommandLine().size()&gt;1) {     strToUint(nbX,ArSystem::getCommandLine()[1]); } if(ArSystem::getCommandLine().size()&gt;2) {     strToUint(nbY,ArSystem::getCommandLine()[2]); } if(ArSystem::getCommandLine().size()&gt;3) {     strToUint(nbZ,ArSystem::getCommandLine()[3]); } </pre>	
S21	<pre> unsigned int x,y,z; StlVector&lt;StlVector&lt;StlVector&lt;ArRef&lt;Milieu&gt;&gt;&gt;&gt; t; for(x=0;x&lt;nbX;x++) {     StlVector&lt;StlVector&lt;ArRef&lt;Milieu&gt;&gt;&gt; ex;     t.push_back(ex);     for(y=0;y&lt;nbY;y++)     {         StlVector&lt;ArRef&lt;Milieu&gt;&gt; ey;         t.back().push_back(ey);         for(z=0;z&lt;nbZ;z++)         {             ArRef&lt;Milieu&gt; m=new_Milieu();             t.back().back().push_back(m);             m-&gt;setPosition(x,y,z);         }     } } </pre>	



S32	<pre> cerr &lt;&lt; ArClass::find("Milieu")-&gt;getNbInstances(true)   &lt;&lt; " milieux" &lt;&lt; endl; </pre>	
S41	<pre> ArRef&lt;Viewer3D&gt; v=NEW_MyViewer(); ArRef&lt;BoundingBox3D&gt; bbox=new_BoundingBox3D(); v-&gt;getScene()-&gt;computeBoundingBox(bbox); v-&gt;setFarDistance(5.0*bbox-&gt;getMaxSize()); v-&gt;setNearDistance(0.001*v-&gt;getFarDistance()); unsigned int w,h; Viewer3D::getScreenSize(w,h); v-&gt;setWindowGeometry(w-400,0,400,400); v-&gt;setMapped(true);  return(sched); } </pre>	
S50	<pre> int main(int argc,     char ** argv) {     ArSystem3D init(argc,argv);     return(init.simulate(&amp;simulationInit)); } </pre>	

## Annexe X2

### Représentation simplifiée

5

Classe Interface	Constructeur d'objets
Méthodes spécifiques	setVelocity() getVelocity() setDiffusivity() getDiffusivity() setSource() getSource() accessSource() setTarget() getTarget() accessTarget() getOtherEnd() accessOtherEnd()
Méthode activate	activate()

10

Classe Milieu	Constructeur d'objets
Méthodes spécifiques	setDensity() getDensity() setColor() getColor() addSource() removeSource() addInterface() removeInterface() getNbInterface() getInterface() accessInterface()
Méthode activate	activate()

## REVENDICATIONS

1. Dispositif (D) de simulation du monde réel, propre à être implanté dans un ordinateur  
5 (C) agencé pour supporter en mode multi-tâches une programmation par objets  
activés, représentatifs de systèmes à simuler, caractérisé en ce qu'il comprend un  
logiciel de simulation par objets de l'évolution conjointe de certains au moins desdits  
objets activés, comportant :
  - des objets d'état contenant chacun au moins une donnée d'espace et/ou de temps  
10 et/ou au moins une donnée de propriété, définissant un état courant,
  - des objets d'interaction contenant chacun la désignation d'au moins l'un desdits  
objets d'état et d'au moins une fonction applicable à l'un au moins de ces objets d'état,  
et définissant à chaque instant la topologie du système simulé,
  - un gestionnaire de simulation capable de travailler par séquences sur une sélection  
15 d'objets d'interaction, et à activer chaque objet d'interaction une unique fois lors de  
chaque séquence, selon un ordre variant de façon au moins partiellement aléatoire  
d'une séquence à l'autre, de manière à appliquer chacune de ses fonctions à l'état  
courant de chaque objet d'état qu'il désigne pour faire évoluer son état vers un nouvel  
état courant.
- 20 2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit logiciel de simulation  
comprend des objets d'interaction interne, aptes à contenir chacun la désignation  
d'un seul objet d'état et d'au moins une fonction applicable à cet objet d'état, et des  
objets d'interaction mutuelle, aptes à contenir chacun la désignation d'au moins deux  
25 objets d'état et d'au moins une fonction applicable à des données de propriété de ces  
objets d'état désignés.
3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit logiciel  
de simulation est agencé pour modifier certaines au moins desdites fonctions en  
30 fonction d'au moins une donnée de propriété d'au moins un objet d'état associé.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que ledit logiciel de simulation est agencé pour sélectionner certaines au moins desdites fonctions en fonction d'au moins une donnée de propriété d'au moins un objet d'état associé.
- 5 5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que certains au moins des objets d'état comprennent une donnée de propriété représentant une grandeur intensive.
- 10 6. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que certains au moins des objets d'interaction ont une fonction faisant intervenir une grandeur extensive ou intensive.
7. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que certains au moins des objets d'état comprennent des sous-objets d'état.
- 15 8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que certains au moins des objets d'état comprennent des sous-objets d'interaction opérant sur lesdits sous-objets d'état.
- 20 9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit logiciel de simulation comporte des classes d'objets définissant des structures d'objets d'état et d'objets d'interaction, lesdits objets d'états et d'interaction étant dérivés de ces classes par instantiation.
- 25 10. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit logiciel de simulation comporte un ordonnanceur propre à fonctionner selon l'un de deux modes choisis parmi un mode en temps réel, dans lequel il fonctionne selon une fréquence choisie, et un mode en temps virtuel, dans lequel il fonctionne de façon périodique mais pendant des durées variables d'une période à l'autre.

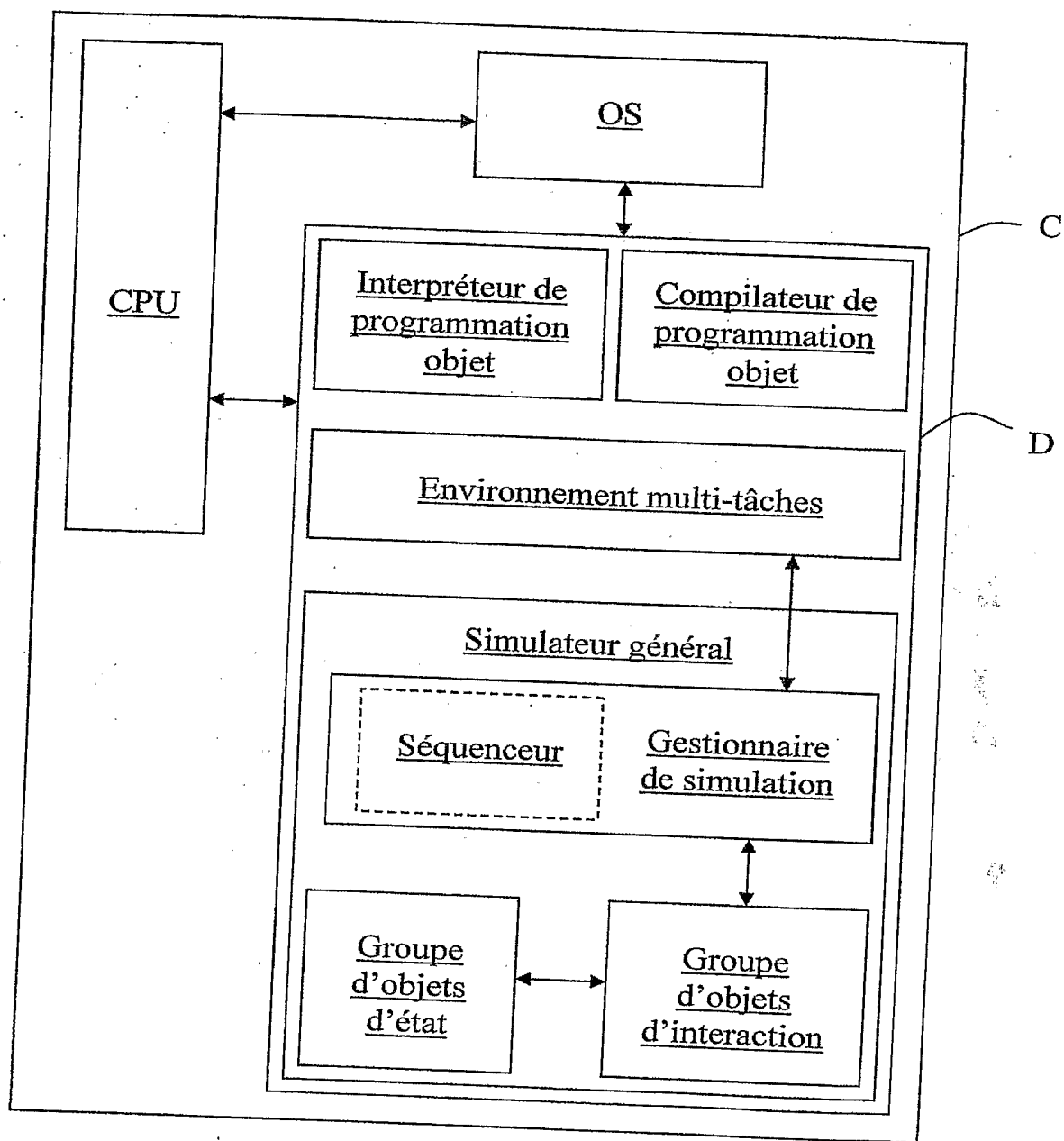
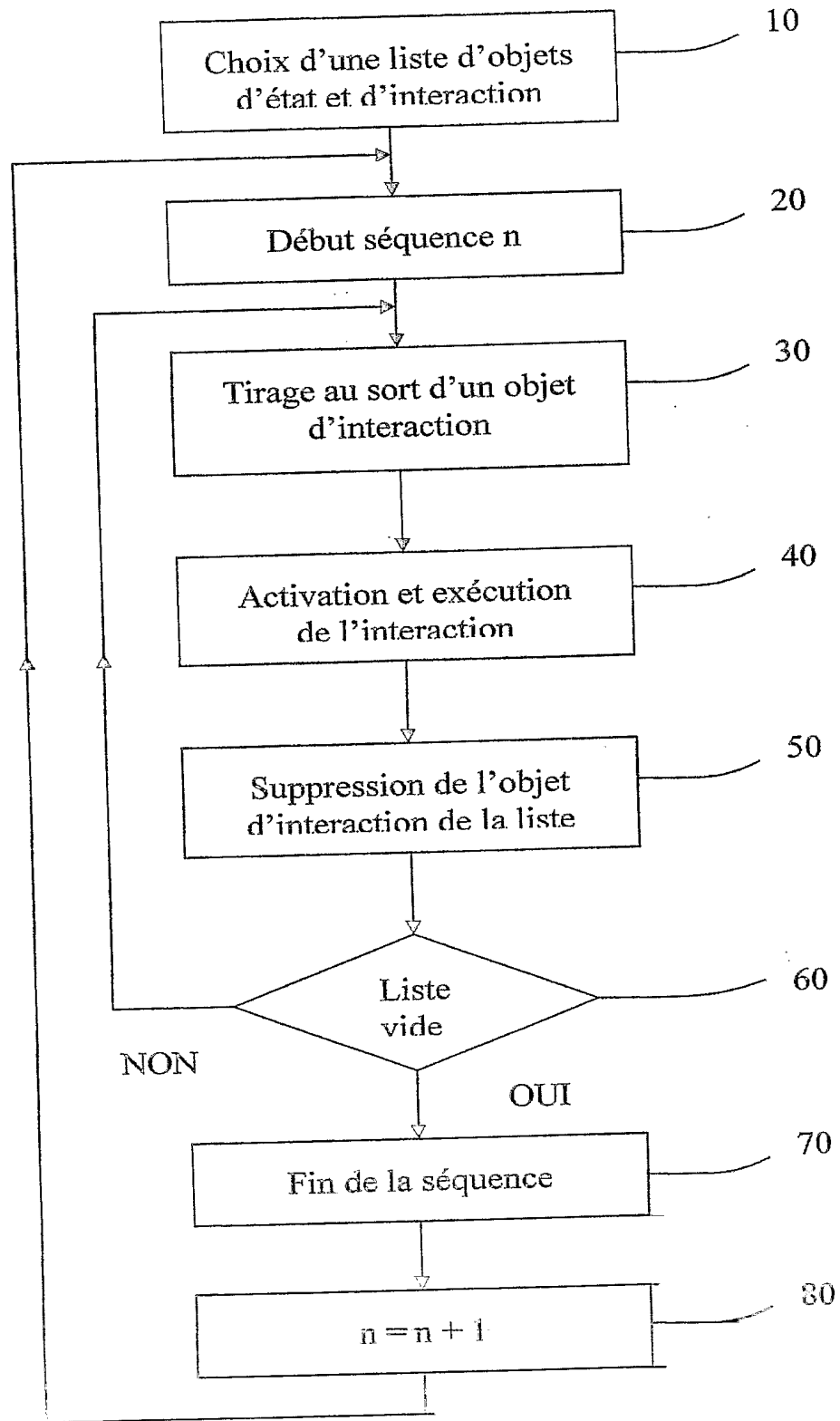


FIG.1







# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11 235\*02

### DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

### DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		CERVAL 1	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		04 00488 du 20 janvier 2004	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Dispositif de simulation du monde réel par traitement asynchrone et chaotique.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> CERVAL et ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE BREST			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).</b>			
<b>Nom</b>		TISSEAU	
<b>Prénoms</b>		Jacques	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	3 rue Aristide Briand	
	<b>Code postal et ville</b>	29200	BREST
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		HARROUET	
<b>Prénoms</b>		Fabrice	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	Milin Ar Pont	
	<b>Code postal et ville</b>	29290	GUIPRONVEL
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		REDOU	
<b>Prénoms</b>		Pascal	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	4 rue des Lavois	
	<b>Code postal et ville</b>	29600	MORLAIX
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)</b> Paris, le 2 septembre 2004 Jean-Yves PLAÇAIS 92-1197 (B)(M)			

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*02

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2.. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		CERVAL 1	
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		04 00488 du 20 janvier 2004	
<b>TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> Dispositif de simulation du monde réel par traitement asynchrone et chaotique.			
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b> CERVAL et ECOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE BREST			
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
<b>Nom</b>		KERDELO	
<b>Prénoms</b>		Sébastien	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	35 rue Maria Chapdeleine	
	<b>Code postal et ville</b>	29200	BREST
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>		CHARLES	
<b>Prénoms</b>		Christian	
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>	19 boulevard de la Corniche	
	<b>Code postal et ville</b>	29217	PLOUGONVELIN
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>Nom</b>			
<b>Prénoms</b>			
<b>Adresse</b>	<b>Rue</b>		
	<b>Code postal et ville</b>		
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> DU DEMANDEUR(S) ET DE L'INVENTEUR(S) OU DE LEUR REPRÉSENTANT LÉGALISÉ		